

Estado de hierro en niños de 6 a 11 años de edad con sobrepeso y obesidad.

María Adela Barón¹, Zoribeth Pacheco² y Liseti Solano¹.

RESUMEN

La deficiencia de hierro (DH) es la carencia nutricional más frecuente en el mundo, y los antecedentes indican que la DH y la obesidad pueden coexistir en el mismo sujeto generando un problema de salud más grave que cuando se presentan de forma separada. El objetivo del estudio fue evaluar el estado de hierro, en niños con malnutrición por exceso, y su asociación con el consumo dietario y estado inflamatorio. La investigación fue descriptiva, transversal; se evaluaron en 124 niños (6-11 años) los niveles de ferritina sérica (FS), receptor soluble de transferrina (RsTf), índice RsTf-FS, hemoglobina (Hb) y proteína C reactiva (PCR). Se determinó el estado nutricional mediante el índice de masa corporal (IMC), y el consumo dietario a través del método de recordatorio de 24 horas. 62,1% presento depósitos de hierro bajos, 50,8% eritropoyesis deficiente de hierro, 18,5% anemia, 52,4% PCR elevada; y un bajo consumo de hierro altamente biodisponible. El 17,7% tenían sobrepeso y 29,8% obesidad; y en todas las categorías del IMC se observaron alteraciones en el estado de hierro (sin diferencias significativas, $p > 0,05$). Los niños con sobrepeso y obesidad presentaron valores significativamente más altos para PCR ($p = 0,000$), comparado con los normopeso. Se concluye que la DH y la malnutrición por exceso se presentaron conjuntamente, lo cual es característico de los países en transición nutricional. La doble carga de la malnutrición continúan evolucionando y aumentando en todo el mundo pero el impacto combinado de estas comorbilidades nutricionales es desconocido.

Palabras clave: hierro, sobrepeso, obesidad, niños escolares

ABSTRACT

Iron status in children aged 6-11 years old with overweight and obesity.

Iron deficiency (ID) is the most common nutritional deficiency in the world, and there is evidence that ID and obesity can coexist in the same individual and in this case, it represents a more serious health problem. The aim of the study was to evaluate iron status in

children with malnutrition by excess, and its association with dietary intake and inflammatory status. The study design was descriptive and cross-sectional. 124 children (6-11 years) were assessed for concentrations of serum ferritin (SF), soluble transferrin receptor (sTfR), sTfR-SF index, hemoglobin (Hb) and C reactive protein (CRP). Nutritional status was determined by body mass index (BMI) and dietary intake by 24-hour recalls. 62.1% showed low iron stores, 50.8% iron deficient erythropoiesis, 18.5% anemia and 52.4% elevated CRP. A low intake of high bioavailability iron was observed. 17.7% were overweight and 29.8% obese, and for all categories of BMI; alteration of iron status (no significant differences, $p > 0.05$) were observed. Overweight and obese children had significantly higher values for CRP ($p = 0.000$) compared to normal weight children. It is concluded that ID and overweight were concurrent and highly frequent in this children, as seen in countries in nutritional transition. The double burden of malnutrition is increasing worldwide but the impact of nutritional comorbidities is unknown.

Key words: iron, overweight, obesity, schoolchildren.

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de hierro (DH) es la carencia nutricional más ampliamente distribuida en el mundo y afecta principalmente a los niños en las etapas de crecimiento rápido, de desarrollo psicomotor y durante el embarazo (1,2). En los niños, la DH está asociado al aumento de los requerimientos nutricionales en relación con el crecimiento y desarrollo, así como al consumo de una dieta con bajo contenido de hierro y baja biodisponibilidad (3). De acuerdo a los estudios realizados en Venezuela, la prevalencia de DH en preescolares y escolares está entre 30,1% y 77,7% (3, 5-10) y la prevalencia de anemia entre 16,2% y 43,0% (5,8-12). Estos reportes señalan a la DH con o sin anemia como uno de los trastornos de la nutrición más frecuente en el país. Actualmente, además de las deficiencias de micronutrientes se ha incorporado el sobrepeso y la obesidad como uno de los problemas nutricionales que afectan a los países en desarrollo (13-16), como resultado de la transición alimentaria y nutricional que obedece a un proceso multifactorial de cambios socioculturales y económicos que conlleva a una serie de modificaciones en la dieta (17,18). El número de niños y adolescentes afectados por sobrepeso y obesidad aumenta progresivamente; y se ha demostrado que un tercio de los preescolares y la mitad de los escolares con obesidad tendrán obesidad en su adultez y estarán expuestos a un alto riesgo de padecer diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular e hipertensión arterial (19). En América Latina la obesidad ha aumentado

¹Instituto de Investigaciones en Nutrición. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo, Venezuela.

²Hospital "Dr. José Rangel". Corporación de Salud del Estado Aragua (CORPOSALUD), Venezuela.

Correspondencia: María Adela Barón.

E-mail: mbaron@uc.edu.ve

considerablemente llegando a convertirse en un problema de salud pública en casi todos los países de la región. Aunque anteriormente se consideraba un problema exclusivo de los países de altos ingresos económicos, el sobrepeso y la obesidad están aumentando de manera progresiva en los países de ingresos bajos y medios, sobre todo en zonas urbanas (19). En Venezuela, según datos del Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN) la cifras de sobrepeso y obesidad han ascendido de 10,3 % a 14,4 desde el año 2003 al 2009 (20-23). En la actualidad, se ha considerado al peso corporal como un factor relacionado a la deficiencia de hierro. En estudios recientes, se determinó que los niños con sobrepeso tenían el doble de probabilidades de ser deficientes en hierro que los niños de peso normal (14,24-26). Estos antecedentes indican que la relación DH y sobrepeso han aumentado considerablemente, ocasionando incremento en los factores de riesgo para enfermedades crónicas. Ambas entidades (DH y exceso nutricional) pueden coexistir en el mismo sujeto representando un problema de salud más grave que cuando se presentan de forma aislada. Debido a la importancia de la deficiencia de hierro en la salud humana, y a las consecuencias sobre el crecimiento, desarrollo cognitivo y función inmune; así como las consecuencias a la salud del sobrepeso y la obesidad en el desarrollo de enfermedades crónicas, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el estado de hierro, en niños con malnutrición por exceso, y su asociación con el consumo dietario y estado inflamatorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de tipo descriptivo, de corte transversal, cuya población estuvo constituida por todos los niños de 6 a 11 años de edad que asistieron a una Unidad Educativa pública, ubicada en el Municipio Naguanagua, Estado Carabobo; durante el año escolar 2008-2009. La muestra fue seleccionada aleatoriamente y quedó conformada por 124 niños que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión: estar aparentemente sanos, no recibir suplementación con hierro y otros micronutrientes tres meses previos al estudio, presentar déficit nutricional y procesos infecciosos agudos o crónicos; así como antecedentes de cirugías, traumatismos o hemorragias. Se obtuvo el aval del Comité de Ética del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo, y el consentimiento informado por parte de los representantes legales de los niños. A todos los participantes se les realizaron las evaluaciones bioquímica, nutricional antropométrica, de consumo y socioeconómica.

Evaluación Bioquímica: el estado de hierro se evaluó mediante la determinación de las concentraciones de: ferritina sérica (FS), receptor soluble de transferina (RsTf) y hemoglobina (Hb); y para el estado inflamatorio se determinó la concentración de la proteína C reactiva (PCR). Para ello se extrajeron en condiciones de ayuno 6 mL de sangre, mediante punción venosa. La concentración de FS y RsTf se midieron mediante métodos inmunoenzimáticos (ELISA) con

los kits comerciales DRG International y Ramco Laboratories, Inc, respectivamente, y las lecturas se midieron en un lector marca Labsystems. La hemoglobina (Hb), se midió en un contador hematológico automatizado marca Beckman Coulter, modelo Ac.T 5diff; y la concentración de la PCR se midió por nefelometría, con el kit comercial marca Turbox de Orion Diagnostica. Se definió depleción de los depósitos de hierro, a valores de FS inferiores a 15 µg/L (1,3), eritropoyesis deficiente de hierro, a valores de RsTf por encima de 8,3 mg/L (27). Se construyó el Índice "Receptor soluble de Transferrina-Ferritina Sérica" (RsTf-FS), el cual se calculó dividiendo el RsTf entre el logaritmo (base 10) de la FS (RsTf/log FS) (28). Se consideraron valores alterados a un Índice RsTf-FS superior a 1,8. Adicionalmente, cuando el Índice RsTf-FS estaba alterado, se clasificó en dos categorías: entre 1,8 y 2,2 se consideró como deficiencia de hierro en estadio I (agotamiento de los depósitos de hierro) y valores superiores a 2,2 como deficiencia de hierro en estadio II (eritropoyesis deficiente de hierro) (28,29). Se consideró anemia, un valor de Hb inferior a 11,5 g/dL, según recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (3) y anemia ferropénica cuando se encontraban de manera simultánea la FS y la Hb por debajo del valor de referencia. Para definir presencia de inflamación y/o infección se consideró un valor de PCR superior a 5 mg/L (30,31).

Evaluación antropométrica: Los datos del peso y la talla fueron tomados por personal entrenado y estandarizado, según normas internacionales (32). El peso corporal se midió con ropa ligera, en una balanza electrónica portátil marca SECA (100 g de precisión). Para la obtención de la talla se utilizó la técnica de la plomada (100 g de precisión), se midió con los niños de pie y sin zapatos. Las mediciones fueron realizadas por triplicado, tomándose el valor promedio de las tres mediciones para efectos de cálculo. La caracterización del estado nutricional, se realizó mediante el índice de masa corporal (IMC), el cual se calculó con la fórmula peso/talla², expresado en Kg/m². Se calcularon los puntajes Z para el IMC, con el software *Anthro Plus* versión 1.02, el cual fue desarrollado para la aplicación de la referencia de la OMS, para niños y adolescentes de 5 a 19 años de edad. Se consideraron los siguientes puntos de corte: eutróficos (-2 a +1 Z score), sobrepeso (+1 a +2 Z score) y obesidad (> +2 Z score) (33,34).

Evaluación dietaria: La información del consumo de alimentos fuentes de hierro total y de hierro hem y no hem, se obtuvo a través del método de recordatorio de 24 horas, en dos ocasiones (uno en día de semana y otro en fin de semana). Este método cuantifica el consumo usual de hierro así como de los modificadores (inhibidores y facilitadores de la absorción) y la biodisponibilidad de este nutriente en la dieta (35). A los fines del estudio, la encuesta incluyó a las Vitaminas C y A como facilitadores de la absorción de hierro.

Evaluación socioeconómica: Para conocer el estrato socioeconómico de las familias, se aplicó el método de estratificación Graffar Méndez-Castellano, el cual clasifica a la población en cinco estratos sociales (36).

Análisis estadístico: Se calcularon los estadísticos descriptivos: promedios, desviación estándar y mediana. Se aplicó el test de Kolmogorof-Smirnoff como prueba de normalidad; y debido a que las variables del estado de hierro no seguían una distribución normal, se aplicaron las pruebas de Kruskal-Wallis y de Mann-Whitney con corrección de Bonferroni. Se usó un modelo de regresión logística para evaluar el efecto de las variables estudiadas sobre el estado de hierro y el estado inflamatorio; y un análisis de regresión lineal múltiple para conocer cuáles variables eran predictoras de la concentración de ferritina sérica y de proteína C reactiva. Para garantizar la validez del modelo, se comprobó el cumplimiento de los supuestos de: linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y no-colinealidad. El criterio de significación estadística fue $p < 0,05$; y se utilizaron los programas estadísticos SPSS versión 12.0, y NCSS 2007.

RESULTADOS

Se estudiaron 124 niños con edades comprendidas entre 6 y 11 años ($8,7 \pm 1,5$ años), 46,0% eran niños y 54,0% niñas. De acuerdo al método de estratificación social, el 49,2% ($n=61$) de las familias de los niños evaluados pertenecían al estrato socioeconómicos III (clase media) y el 50,8% ($n=63$) al estrato IV (pobreza relativa).

La tabla 1, presenta los valores promedios y porcentaje de alteraciones de las variables bioquímicas. Se observa que en el estado de hierro, el promedio de la FS se ubicó por debajo del punto de corte, el RsTf y la Hb dentro de lo normal y el índice RsTf-FS se ubicó por encima de lo considerado normal. En los niños evaluados, se observó un alto porcentaje de alteraciones en los indicadores FS, RsTf e índice RsTf-FS; y para la Hb el porcentaje de alteraciones fue menos marcado. Del total de niños con valores elevados del índice RsTf-FS (84,7%), 15,9% se encontraban en el estadio I de la DH y 68,2% en el estadio II. Es decir, un elevado porcentaje de los niños con DH habían alcanzado la segunda etapa en el desarrollo de la deficiencia de este micronutriente (datos no presentados en tabla). Para el estado inflamatorio, el valor promedio para la PCR fue superior a lo normal; observándose que 53,2% de los niños evaluados presentaron valores elevados para esta proteína de fase aguda.

Tabla 1. Valores promedios y porcentaje de alteraciones en los indicadores bioquímicos

Variables bioquímicas	$\bar{X} \pm DE$	n(%)
Estado de hierro		
Ferritina ($\mu\text{g/L}$) ¹	$11,1 \pm 5,3$	77(62,1)
Receptor de Transferrina (mg/L) ²	$7,8 \pm 2,7$	63(50,8)
Índice RsTf-FS ³	$3,7 \pm 1,8$	105(84,7)
Hemoglobina (g/dL) ⁴	$12,1 \pm 0,8$	23(18,5)
Estado inflamatorio		
Proteína C Reactiva (mg/L) ⁵	$11,6 \pm 8,9$	66(53,2)

¹ Agotamiento de los depósitos de hierro: Ferritina sérica ($< 15 \mu\text{g/L}$) ² Eritropoyesis deficiente de hierro: Receptores de Transferrina ($> 8,3 \mu\text{g/mL}$) ³ Agotamiento de depósitos de hierro o eritropoyesis deficiente de hierro: Índice RsTf-FS ($> 1,8$) ⁴ Anemia: Hemoglobina ($< 11,5 \text{ g/dL}$) ⁵ Inflamación: Proteína C Reactiva ($> 5 \text{ mg/L}$)

Con relación a la caracterización del estado nutricional antropométrico según IMC, 52,4% ($n=65$) de los niños evaluados tenían un estado nutricional adecuado y 47,5% ($n=59$) exceso nutricional; de los cuales, 17,7% presentaban sobrepeso y 29,8% obesidad.

La tabla 2 presenta los valores promedio y porcentaje de alteraciones para los indicadores bioquímicos, según diagnóstico nutricional antropométrico. Para el estado de hierro, se observa que todos los grupos presentaron valores promedio de FS por debajo del punto de corte, siendo inferior para el grupo con sobrepeso. Los valores promedios para RsTf y Hb, se encontraron dentro de los valores de referencia para todas las categorías nutricionales. Por el contrario, para el Índice RsTf-FS las tres categorías del IMC, presentaron promedios elevados.

Los niños clasificados con exceso nutricional mostraron prevalencias más elevadas de alteraciones para los indicadores FS, RsTf e índice RsTf-FS. Las cifras de prevalencia de anemia fueron inferiores a la observada en los otros indicadores, y la tendencia fue opuesta; es decir, se observaron cifras superiores en el grupo de niños eutróficos. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en los indicadores del estado de hierro según diagnóstico nutricional antropométrico.

Con relación al estado inflamatorio, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores promedios y en el porcentaje de alteraciones de la PCR de acuerdo al diagnóstico nutricional antropométrico. Es decir, los grupos con sobrepeso y obesidad presentaron valores significativamente más altos para PCR ($p=0,000$). Al realizar un análisis de regresión logística, se observa que los niños clasificados antropométricamente con exceso nutricional (sobrepeso y obesidad) tenían un riesgo significativamente más alto de concentraciones de PCR elevada, indicativo de inflamación (Odds Ratio= 5,2302; 95% IC: 3,090 - 9,098; $p=0,000$).

La tabla 3 muestra los valores promedios para los indicadores del estado de hierro según grupo de edad. La única variable que mostró diferencia estadísticamente significativa fue la ferritina sérica ($p=0,004$). Los niños menores de 9 años mostraron valores de FS por debajo de lo considerado normal para población evaluada; no así el grupo mayor de 9 años. Para el Índice RsTf-FS, los tres grupos de edad presentaron valores promedios por encima del valor de referencia. No obstante, los valores para el RsTf y la Hb se ubicaron dentro de la de referencia en todos los grupos.

En un análisis de regresión lineal multivariado donde se incluyeron como variables independientes: edad, sexo, consumo dietario de hierro, puntuaciones Z del IMC y PCR, solo la edad tuvo una relación lineal positiva con la FS (β estandarizado= 0,247; $p=0,006$). Es decir, la edad contribuye significativamente a explicar el comportamiento de la variable dependiente ferritina sérica).

Tabla 2. Valores promedios y porcentaje de alteraciones en los indicadores bioquímicos según diagnóstico nutricional antropométrico (n=124)

	Diagnóstico nutricional			
Variables bioquímicas	Normal	Sobrepeso	Obesidad	p
Estado de hierro				
Ferritina (µg/L) ¹				
$\bar{X}$ ±DE	11,1±5.4	10,1±4,3	11,8±5,3	0,458
%	63,1	63,9	59,5	0,924
Receptor de transferrina (mg/L) ²				
$\bar{X}$ ±DE	7,8±2,8	7,8±2,4	7,8±2,7	0,972
%	49,2	54,1	51,4	0,908
Índice RsTf-FS ³				
$\bar{X}$ ±DE	3,7±1,9	3,7±1,5	3,4±1,6	0,771
%	83,1	90,9	83,8	0,667
Hemoglobina (g/dL) ⁴				
$\bar{X}$ ±DE	12,0±0,9	12,1±0,8	12,3±0,6	0,323
%	23,1	18,2	10,8	0,309
Variables bioquímicas				
Estado inflamatorio				
Proteína C Reactiva (mg/L)				
□X±DE *	5,2±3,6 ^{a,b}	18,3±7,6	18,6±8,0	0,000
% **	12,3	100,0	97,3	0,000

*Kruskal Wallis: significativo (χ^2 76,652, p : 0,000) y Mann-Whitney con la corrección de Bonferroni ($p < 0,017$): a y b: normal diferente de sobrepeso y obesidad respectivamente ** Chi cuadrado: significativo (χ^2 : 91,913; p : 0,000)

Tabla 3. Valores promedio para los indicadores del estado de hierro según grupo de edad

	Grupos de edad (años)			
Variables bioquímicas	< 7 (n=23)	7-9 (n=46)	> 9 (n=56)	p*
Estado de hierro				
Ferritina (µg/L) *	9,42±3,2 ^a	9,8±3,9 ^b	13,0±6,2 ^c	0,004
Receptor de Transferrina (µg/mL)	8,2±2,4	7,8±2,9	7,6±2,6	0,174
Índice RsTf-FS	4,1±1,4	3,8±1,9	3,3±1,7	0,094
Hemoglobina (g/dL)	11,9±0,8	12,1±0,8	12,2±0,7	0,512
Estado inflamatorio				
Proteína C Reactiva (mg/L)	10,9±7,5	10,0±8,2	13,1±9,8	0,127

Valores expresados como $\bar{X} \pm DE$

* Kruskal Wallis: χ^2 10,889, $p=0,004$. Mann Whitney con corrección de Bonferroni: a y b $\neq$ c (0,007 y 0,006 respectivamente)

En tal sentido, a menor edad, la concentración de FS es menor, por lo tanto menor tamaño de los depósitos del hierro.

La ingesta diaria de los micronutrientes evaluados se encontró dentro de los valores de referencia para la población venezolana según el género y grupo de edad. Siendo la ingesta 13,4±4,3 mg/día, 80,2±66,9 mg/día y 738 equivalentes de retinol/día, para hierro, vitamina C y vitamina A respectivamente.

A pesar de que el contenido total del hierro fue adecuado, una pequeña cantidad (2,0 mg/día) correspondió a hierro hemínico. Es decir, el hierro hem, de alta biodisponibilidad, solo representó el 14,9% de la ingesta total de este mineral. Al comparar el consumo dietario con el estado nutricional antropométrico, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para el consumo de hierro (hem y no hem), vitamina C y A (datos no presentados en tablas).

DISCUSIÓN

Los países en transición nutricional, debido a cambios demográficos, socioculturales y económicos, están experimentando rápidos cambios en la alimentación y estilo de vida, que conllevan a una serie de modificaciones en la dieta y disminución de la actividad física (17-19), con la consecuencia de una doble carga de malnutrición (13,15,16,37,38). Estudios en países industrializados han encontrado consistentemente en la población infantil, altas tasas de deficiencia de hierro y sobrepeso (25,39-41).

En el presente estudio se observó un alto porcentaje de alteraciones en el estado de hierro; siendo la depleción de los depósitos de hierro superior a los reportados por Tang y col. (63,1%), Barón y col. (69,2%) y Ruiz y col. (44,4%) en estudios previos en la ciudad de Valencia; y por Papale (45,7%) en el estado Lara (4,6,7,10).

La cifra de anemia fue similar a la reportada en estudios previos de la zona (16,2% y 17,2%) (10,11), considerándose como un problema leve de Salud Pública.

Es importante destacar que de acuerdo a las etapas evolutivas en el desarrollo de la DH, la mayor proporción de sujetos evaluados se encontró en el estadio II de la deficiencia de hierro (eritropoyesis deficiente de hierro) y una menor proporción alcanzaron el último estadio y más grave (anemia ferropénica).

Una de las causas más importantes en el desarrollo de la DH, es la disminución en el consumo de proteínas animales, principales fuentes de hierro hemínico, y un predominio en el consumo de proteínas de origen vegetal, las cuales contienen inhibidores de la absorción de este micronutriente (5,11). A pesar de que el consumo total de hierro estuvo dentro de las recomendaciones (42), se evidenció un predominio de hierro de baja biodisponibilidad, lo cual explica el alto porcentaje de niños con bajos depósitos de hierro y alteraciones en los indicadores del estado de hierro. Este hallazgo fue similar a lo reportado en otros estudios en el país (9,43), en los que refieren que la alimentación estuvo basada en cereales, leguminosas, raíces, tubérculos y cantidades muy pequeñas de carnes. Por otra parte, el sobrepeso y la obesidad en la edad pediátrica son problemas de salud pública, tanto en países desarrollados y en vías de desarrollo; pudiendo ser los principales responsables, los cambios en la alimentación y en el estilo de vida (19,44).

En este estudio, el porcentaje de niños con exceso nutricional fue superior a los datos reportados por el Sistema Nacional de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN) para el estado Carabobo (15,2%), por Solano y col., en niños de Valencia (12,2%), y por Paoli col., en el estado Mérida (9,7%) (11,23,45). Un hallazgo importante fue encontrar en un grupo de niños la presencia de manera simultánea de dos alteraciones nutricionales: deficiencia de hierro y exceso nutricional. De hecho, los niños con sobrepeso y obesidad

mostraron la prevalencia más elevada de alteraciones en los indicadores del estado de hierro. Este comportamiento fue similar al reportado por Zimmermann y col., y Nead y col., quienes reportan que los niños con IMC elevado presentaron un incremento en la prevalencia de deficiencia de hierro en comparación con los niños con IMC normal (13,25). Recientes estudios sugieren que la deficiencia de algunos micronutrientes puede estar asociados a elevados depósitos de grasa corporal. Pihhas-Hamiel y col., y Tussing y col., encontraron que la DH y la anemia fueron más comunes en los niños y adolescentes obesos que en los normopeso (40,41). Actualmente, se conoce que los sujetos con sobrepeso y la obesidad tienen más bajas concentraciones séricas de vitaminas y minerales y tienen dos veces mayor riesgo de ser deficientes en hierro (25,26).

La DH en los individuos con sobrepeso y obesidad puede ser el resultado de varios factores: inadecuado consumo de hierro biodisponible, así como también una reducción en su absorción y un secuestro del hierro como resultado de la inflamación crónica (13,39). Algunas investigaciones han establecido el vínculo entre obesidad, inflamación y deficiencia de hierro (17-19). La hepcidina, la cual regula la homeostasis del hierro por inhibición de la absorción por el enterocito y secuestro de hierro en los macrófagos, pudiera ser el mecanismo que une la obesidad y la deficiencia de hierro (26). La inflamación crónica de los individuos obesos es el resultado del incremento en los niveles de citoquinas pro-inflamatorias: interleuquina 6 (IL-6) y factor de necrosis tumoral alfa (FNT- α), los cuales favorecen la expresión de hepcidina en el hígado y el tejido adiposo (14,46-48). Esto trae como resultado una disminución en la disponibilidad del hierro para la eritropoyesis, lo cual podría traducirse en una deficiencia de hierro (13,14,41,48,49).

Tanto la DH como la obesidad incrementan el riesgo a la salud y se asocian con un mayor riesgo de mortalidad (16). La asociación entre el estado de hierro y la obesidad debe estudiarse más a fondo, ya que las dos caras de la malnutrición continúan evolucionando en todo el mundo, y el impacto combinado de estas comorbilidades nutricionales es desconocido.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecemos el apoyo a la Secretaría de Educación del Estado Carabobo; y a los miembros de la Comunidad de la Unidad Educativa "Enrique Barrios Sánchez".

FINANCIAMIENTO. Organismo Internacional de Energía Atómica (Proyecto ARCAL-RLA 6/059). Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo.

REFERENCIAS

1. World Health Organization (WHO). Assessing the iron status of populations: report of a Joint World Health Organization/ Centers for Disease Control and Prevention Technical Consultation on the Assessment of Iron Status at the Population Level, Geneva, Switzerland, 2nd ed. 2007.

2. Neymotin F, Sen U. Iron and obesity in females in the United States. *Obesity* (Silver Spring). 2011; 19(1):191-9.
3. World Health Organization. Iron deficiency anaemia. Assessment prevention and control. A guide for programme managers. Report of WHO/UNICEF/UNU 2001. Geneva: Document WHO/NHD/01.3. [en línea] 2001. Disponible en: http://www.who.int/nut/documents/ida_assessment_prevention_control.pdf. [Consulta 23 de octubre 2012]
4. Tang J, Barbella S, Gil A, Conde A y Latouche G. Deficiencia de hierro y parasitosis intestinal en niños de la comunidad Miguel Peña. Valencia. Carabobo. Portales Médicos 2011; 18: 515.
5. García-Casal, M. La deficiencia de hierro como problema de salud pública. *An Venez Nutr* 2005; 18(1):45-48.
6. Ruíz N. Deficiencia de hierro en niños escolares y su relación con la función cognitiva. *Salus* 2006; 10(2):17-28.
7. Papale J, García M, Torres M, BernéY, DellanG, Rodríguez D, et al. Anemia, deficiencias de hierro y de vitamina A y helmintiasis en una población rural del estado Lara. *An Venez Nutr* 2008; 21(2):70-76.
8. Solano L, Barón MA, Sánchez A y Páez MC. Anemia y deficiencia de hierro en niños menores de 4 años de edad de una localidad de Valencia". *An Venez Nutr* 2008; 21(2): 63-69.
9. Barón M, Del Real S, Solano L, Sánchez A. Receptor soluble de tranferrina como indicador del estado de nutrición de hierro en preescolares venezolanos. *Arch Latinoamer Nutr* 2005; 55(3):254-251.
10. Barón M, Solano L, Páez M, Pabón M. Estado nutricional de hierro y parasitosis intestinal en niños de Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. *An Venez Nutr* 2007; 20(1):5-11.
11. Solano L, Barón M, Del Real S. Situación nutricional de preescolares, escolares, y adolescentes de Valencia, Carabobo, Venezuela. *An Venez Nutr* 2005; 18(1):72-76.
12. De Abreu J, Borno S, Montilla M, Dini E. Anemia y deficiencia de vitamina A en un centro de atención nutricional de Caracas. *Arch Latinoamer Nutr* 2005; 55(3):226-34.
13. Zimmermann MB, Zeder C, Muthayya S, Winichagoon P, Chaouki N, Aeberli I, et al. Adiposity in women and children from transition countries predicts decreased iron absorption, iron deficiency and a reduced response to iron fortification. *Int J Obes* 2008; 32(7):1098-1104.
14. McClung JP and Karl JP. Iron deficiency and obesity: the contribution of inflammation and diminished iron absorption. *Nutr Rev* 2009; 67(2):100-04.
15. Zafon C, Lecube A, Simó R. Iron in obesity. An ancient micronutrient for a modern disease. *Obes Rev*. 2010; 11(4):322-28.
16. Fanou-Fogny N, Saronga N, Koreissi Y, Dossa R, Melse-Boonstra A and Brouwer I. Weight status and iron deficiency among urban Malian women of reproductive age. *Br J Nutr* 2011; 105: 574-79.
17. López M, Carmona A. La transición alimentaria y nutricional: Un reto en el siglo XXI. *Arch Venez Nutr* 2005; 18(1): 90-104
18. Laurentin A, Schnell M, Tovar J, Domínguez Z, Pérez B, López M. Transición alimentaria y nutricional. Entre la desnutrición y la obesidad. *Arch Venez Nutr* 2007; 20(1): 47-52.
19. Yépez R, Carrasco F, Baldeón M. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en estudiantes adolescentes ecuatorianos del área urbana. *Arch Latinoamer Nutr* 2008; 58(2):139-43.
20. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Componente menores de 15 años, 2003.
21. Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Componente menores de 15 años, 2006.
22. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Componente menores de 15 años, 2007.
23. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Dirección de Estadísticas Alimentarias y Nutricionales (DEAN). Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Clasificación antropométrica nutricional en el primer nivel de atención en salud, 2009.
24. Amato A, Santoro N, Calabro P, Grandone A, Swinkels DW, Perrone L and Miraglia E. Effect of body mass index reduction on serum hepcidin levels and iron status in obese children. *Int J Obes* 2010; 34: 1772-74.
25. Nead KG, Halterman JS, Kaczorowski JM, Auinger P, Weitzman M. Overweight children and adolescents: a risk group for iron deficiency. *Pediatr* 2004; 114:104-08.
26. García O, Long KZ and Rosado J. Impact of micronutrient deficiencies on obesity. *Nutrition Reviews* 2009; 67(10):559-72.
27. Cidrao A, Cabral P, Alcântara M, Martins M, De Carvalho M, Carbonneau M, et al. Diagnóstico de anemia por deficiencia de hierro en niños del Noreste de Brasil. *Rev Saude Publica* 2010; 44(3):513-19.
28. Suominen P, Punnonen K, Rajamaki A and Irjala K. Serum transferrin receptor and transferrin receptor-ferritin index identify healthy subjects with subclinical iron deficits. *Blood* 1998; 92(8):2934-39.
29. Coy LS, Castillo M, Mora A, Oliveros AL y Vélez Z. Estrategias diagnósticas utilizadas para detectar deficiencias de hierro subclínicas y asociadas a enfermedad crónica. *NOVA* 2005; 3(4):58-68.

30. Thurnham D. Handling data when inflammation is detected. *Sight and life Magazine*. 2008; cap. 2.p. 49-52.
31. Quintana E, Salas M. Receptores solubles de transferrina como mejor indicador bioquímico para definir deficiencia de hierro. *Act Bioquim Clin Latinoam*. 2010; 44(3):311-16.
32. World Health Organization. Technical Report Series N° 854. Physical Status. The use and interpretation of anthropometry. Geneva 1995
33. World Health Organization. Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-height and body mass index-for-age: Methods and development. Geneva; World Health Organization 2006.
34. De Onis M, Onyango AW, Borghi E., Siyam A., Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of World Health Organization* 2007; 85(9):660-67.
35. Gibson R and Ferguson E. An Interactive 24-hour recall for assessing the adequacy of iron and zinc intakes in developing countries. Press Internacional Life Sciences Institute 1126 Sixteenth Street. N. W. Washington. D.C.1999. Pg 136-137.
36. Méndez Castellano H, Méndez MC. Sociedad y Estratificación: Método Graffar-Méndez Castellano. Fundacredesa. Caracas-Venezuela. 1994.
37. Popkin B. The nutrition transition: an overview of world patterns of change. *Nutr Rev* 2004; 62: 140-43.
38. Doak CM, Adair LS, Bentley M, Monteiro C, Popkin BM. The dual burden household and the nutrition transition paradox. *Int J Obesity* 2005; 29: 129-36.
39. Yanoff LB, Menzie CM, Denkinger B, Sebring NG, McHugh T, Remaley AT, and Yanovski JA. Inflammation and iron deficiency in the hypoferrremia of obesity. *Int J Obes* 2007; 31(9):1412-19.
40. Pinhas-Hamiel O, Newfield RS, Koren I, Agmon A, Lilos P, Phillip M. Greater prevalence of iron deficiency in overweight and obese children and adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003;27:416-18.
41. Tussing-Humphreys L, Liang, H, Nemeth E, Freels S, Braunschweig C. Excess adiposity, inflammation, and iron-deficiency in female adolescents. *J Am Diet Assoc*. 2009; 109(2):297-302.
42. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Instituto Nacional de Nutrición. Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana. Caracas-Venezuela. Publicación N° 53. Serie Cuadernos Azules. Revisión 2000.
43. Portillo Z, Solano L, Fajardo Z. Riesgo de deficiencia de macro y micronutrientes en preescolares de una zona marginal. Valencia, Venezuela. *Invest. Clín*. 2004; 45(1):17-28.
44. Bonzi N, Bravo M. Patrones de alimentación en escolares: calidad versus cantidad. *Rev Med Rosario* 2008; 74(2):48-57.
45. Paoli M, Uzcátegui L, Zerpaa Y, Gómez-Pérez R, Camacho N, Molina Z, et al. Obesidad en escolares de Mérida, Venezuela: asociación con factores de riesgo cardiovascular. *Endocrinol Nutr*. 2009; 56(5):218-26.
46. Gómez M, Bustos M, Prieto J, Martínez J, Moreno M. Obesidad, inflamación e insulino-resistencia: papel de los ligandos del receptor gp 130. *Anales Sis San Navarra* 2008; 31(2):113-23.
47. Cachofeiro V, Miana M, Martín-Fernández B, De las Heras N, Lahera V. Obesidad, inflamación y disfunción endotelial. *Rev Esp Obes* 2006; 4(4):195-204.
48. Pita G y Jiménez S. La anemia por deficiencia de hierro en la población infantil de Cuba. Brechas por cerrar. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter* 2011; 27(2):179-95.
49. Barrios Y, Acosta E, Espinoza M, Meléndez A, Méndez D. La homeostasis del hierro y una hormona: la hepcidina. *Salus* 2007; 11(3):20-25.

